

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 6 月 3 日 (03.06.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/046798 A1

(51) 国際特許分類: G02F 1/09, G02B 27/28

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/014312

(22) 国際出願日: 2003 年 11 月 11 日 (11.11.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2002-331774
2002 年 11 月 15 日 (15.11.2002) JP
特願 2003-108543 2003 年 4 月 14 日 (14.04.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友金属鉱山株式会社 (SUMITOMO METAL MINING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒105-8716 東京都港区新橋 5-1 1-3 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岸本 俊樹 (KISHI-MOTO, Toshiki) [JP/JP]; 〒198-8601 東京都 青梅市 末広町 1-6-1 住友金属鉱山株式会社、電子事業本部内 Tokyo (JP). 中村 宜夫 (NAKAMURA, Nobuo) [JP/JP]; 〒198-8601 東京都 青梅市 末広町 1-6-1 住友金属鉱山株式会社、電子事業本部内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 上田 章三 (UEDA, Shozo); 〒170-0013 東京都豊島区 東池袋 1-4 8-10、25 山京ビル 901 号 Tokyo (JP).

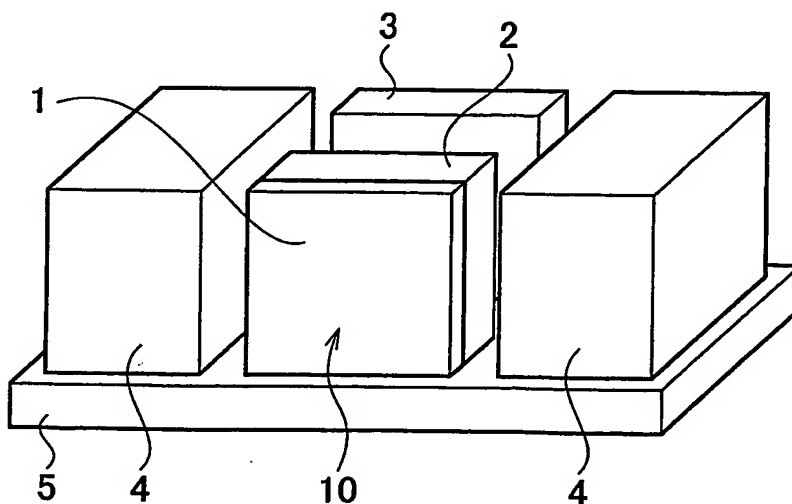
(81) 指定国 (国内): JP, US.

添付公開書類:
— 国際調査報告書
— 補正書・説明書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: MAGNETOOPTIC ELEMENT AND PROCESS FOR FABRICATING THE SAME AND OPTICAL ISOLATOR INCORPORATING IT

(54) 発明の名称: 磁気光学素子とその製造方法およびこの磁気光学素子が組み込まれた光アイソレータ



(57) Abstract: A magneto-optic element comprising a Faraday rotator and a polarizer provided integrally on the light transmitting plane thereof, characterized in that the Faraday rotator has an antireflection film formed on each of the opposite sides thereof and the polarizer comprises a photonic crystal formed on one antireflection film. Since a substrate for the polarizer does not exist, overall thickness of the magneto-optic element integrating the Faraday rotator and the photonic crystal polarizer is made smaller than that of a conventional one. Consequently, scattering of chips is not likely to occur when they are cut into smaller ones, and the effect of fabricating an inexpensive isolator is provided.

(57) 要約: ファラデー回転子とこのファラデー回転子の光透過面に一体的に設けられた偏光子とを備える磁気光学素子であって、両面に反射防止膜が形成されたファラデー回転子と、一方の反射防止膜上に形成されたフォトニック結晶から成る偏光子とで構成されることを特徴とする。そして、この磁気光学素子は、偏光子用の基板が存在しない分、ファラデー回転子とフォトニック結晶偏光子を一体化した磁気光学素子全体の厚みが薄くなるため、小さなチップに切断した際にチップの飛散が起こり難く、かつ、安価な光アイソレータを製造できる効果を有する。

WO 2004/046798 A1

明 細 書

磁気光学素子とその製造方法およびこの磁気光学素子が組み込まれた光アイソレータ

5 技術分野

この発明は、光通信や計測等に使用されるファラデー回転子と偏光子とを備え、例えば、光アイソレータ、光サーキュレータ、光アッテネータ等に適用される磁気光学素子とその製造方法およびこの磁気光学素子が組み込まれた光アイソレータに関するものである。

10

背景技術

光通信や計測等に用いられる半導体レーザーモジュールには、反射戻り光が半導体レーザー素子に戻り、レーザー発振が不安定になるのを防止するため光アイソレータが用いられている。

15 従来の光アイソレータの基本的な外観図を第2図に示す。すなわち、光アイソレータの基本的構成は、第2図に示すように互いに 45° の角度をなす2枚の偏光子3、3とその間に配置されたファラデー回転子2の各光学素子と磁石4とから成る。尚、第2図において5は光アイソレータ設置用基板を示している。

そして、半導体レーザー素子から出射した順方向の光は、入射側の偏光子3を
20 通過した後、ファラデー回転子2で偏光面が 45° 回転するため、光が減衰すること無しに出射側の偏光子3を通過する。一方、反射戻り光は出射側の偏光子3を通過したとしてもファラデー回転子2において、さらに偏光面が 45° 回転するため、入射側の偏光子3の偏光面と直交してしまい遮断される。この反射戻り光を遮断する特性をアイソレーションと呼び、通常35 dB以上のものが望ま
25 れている。

また、近年の波長多重方式による伝送では、単一波長での特性の確保のみでなく多重化された波長帯域全体で所望の特性を確保することが必要となってきた。多重化された波長帯域全体で使用する光アイソレータは第2図に示した上記光アイソレータ（シングルタイプ用光アイソレータ）とは異なり広帯域用光アイソレータと称されている。

広帯域用光アイソレータとしては、例えば、第4図に示すものがある。すなわち、第4図に示された広帯域用光アイソレータはセミダブルタイプ光アイソレータと称されるもので、光の通過方向にそれぞれ配置された偏光子3、ファラデー回転子2、偏光子3、ファラデー回転子2、偏光子3と、これ等光学素子の両脇に配置された磁石4とから成る。また、第4図の5も光アイソレータ設置用基板を示している。

尚、これ等シングルタイプ用並びに広帯域用光アイソレータにおいて、上記ファラデー回転子2には、磁気光学効果により入射光の偏光面が45°回転するように光の進行方向に対する厚みが調整された希土類元素とビスマスを含む鉄ガーネット単結晶膜が用いられ、また、偏光子3には、不要な偏光成分を吸収するガラス偏光子やルチルやニオブ酸リチウムといった複屈折結晶が用いられている。

ところで、通信機器の大きさを増すことなく通信容量を増大させるため、近年、同じ大きさの通信機内に組み込む半導体レーザーモジュール数を増やす試みがなされており、その中に用いられる上記シングルタイプ用並びに広帯域用光アイソレータについても小型化や低コスト化が望まれている。

そして、これ等光アイソレータの小型化や低コスト化を実現する方法として、従来、特開平08-094972号公報や特開平09-197345号公報に記載された方法、すなわち、10×10mm以上の大きさの偏光子とファラデー回転子を接着剤により張り合わせて一体化した素子を事前に作製しておき、その後、所望のサイズに切断して用いる方法が採られてきた。

この方法によれば、取り扱いが容易な10mm角以上の素子を用いて一括して処理した後に所望の大きさに切断するため、小さく切断された各光学素子を個々に調整する方法に較べてコスト低減が図れると共に、角度調整や位置調整の手間が軽減されることでより小さなサイズのチップに切断でき、小型の光アイソレータを組み立てることが可能となる利点を有していた。

しかし、この方法において上記偏光子としてガラス偏光子を適用しかつガラス偏光子とファラデー回転子を張り合わせて一体化した場合、ガラス偏光子の厚みが約0.2mm、ファラデー回転子の厚みが約0.4mmであることから、2枚のガラス偏光子と1枚のファラデー回転子を張り合わせると約0.8mmになり、また、3枚のガラス偏光子と2枚のファラデー回転子を張り合わせると約1.4mmになる。そして、これ等張り合わせたものを、例えば0.5×0.5mmといった小さなサイズに切断すると、厚みの方が長くなり、切断した際にチップが飛散し易くなる欠点があった。

また、この方法においては、偏光子とファラデー回転子を1枚1枚張り合わせているため張り合わせ方にばらつきが生じ易く、これによりチップとしての歩留まりが悪くなって予想通りの低コスト化を実現することは実際には困難であった。更に、チップサイズを小さくすると、チップの飛散がより起こり易くなることはいうまでもない。また、市販されているガラス偏光子のサイズが最大でも15×15mm程度であることと、そのガラス偏光子が高価であるなど、十分な低コスト化を困難にさせる要因は他にも存在した。

この様な技術的背景の下、サイズ制限のある上記ガラス偏光子に代わってフォトリック結晶を用いた偏光子（以後、フォトリック結晶偏光子ともいう）の開発も、近年、盛んに行われている。フォトリック結晶とは、高屈折率媒質と低屈折率媒質から成る人工的な周期構造体で以下の機能を有するものをいう。すなわち、この周期構造体に、互いに直交する2つの直線偏光が入射すると、それぞれの偏光が独立に周波数と波動ベクトルの関係を持つため、フォトリックバンドギャップ

プ (Photonic band gap) すなわちフォトンの状態密度が零となる周波数帯域もそれぞれの偏光に固有となり、ある周波数帯域において一方の偏光に対する状態密度が零であり、他方の偏光に対する状態密度が零にならない場合を実現させることができることから、この周波数帯域において偏光子として機能するものである。また、フォトニックバンドギャップが生じなくとも、入射する光の波長よりも小さな周期構造では、構造複屈折と呼ばれる複屈折が生じ、これによっても偏光方向による屈折率の差より偏光子として機能するものもあり、これ等もフォトニック結晶とみなすことができる。

そして、これ等の周期構造体は一方の偏光を反射し、他方の偏光を波動ベクトルを保存しながら透過させる。実際、フォトニック結晶を用いた偏光分離素子 (偏光子) として消光比 45 dB が得られており [O plus E (株) 新技術コミュニケーションズ発行、1999 年 12 月号第 1557 頁右段 10~15 行目参照]、25 dB 程度が一般的な PBS (偏光ビームスプリッタ) に較べてはるかに優れた特性が実現されている。

ところで、このフォトニック結晶を用いた偏光分離素子の製造方法に関しては、米国特許第 6, 309, 580 号公報に記載されたリソグラフィによる方法、あるいは特許第 3, 288, 976 号公報に記載されているように微細構造を予め形成した基板にスパッタリングにより周期構造を積層させる方法等、さまざまな構造や方法が報告されている。しかし、これまでの報告は、その用途が偏光分離素子に限定されているため、周期構造を形成させる基板として石英ガラスやシリコンを用いている (特許第 3, 288, 976 号公報の実施例 1 参照)。このため、フォトニック結晶を用いた磁気光学デバイスにおいて、ファラデー回転子と偏光分離素子は別々にデバイスの中に組立てられている (特開 2000-241762 号公報の実施例 1、実施例 2 参照)。

ここで、小型のシングルタイプ用並びに広帯域用光アイソレータを実現させるため、基板として上記石英ガラスやシリコンが適用されたフォトニック結晶偏光

子とファラデー回転子を接着剤で張り合わせて小型の光アイソレータを構成したり、ファラデー回転子に対し例えば上記基板として石英ガラスを接着剤で張り合わせこの石英ガラス基板上にフォトニック結晶を形成してフォトニック結晶偏光子とし、小型の光アイソレータとすることは上述した従来の方法に基づき当業者
5 なら容易に考え付くことである。

但し、この様な考え方に基づいた方法では、一体化した素子の厚みが厚くなり、チップの飛散が起こり易いという欠点が依然として克服されない問題を有している。

尚、ファラデー回転子と偏光子を接着剤により張り合わせる方法を探らずに両
10 者を一体化した例として、ガラス偏光子と同じような特定の偏光のみを透過し、それに直交する偏光を吸収するタイプの偏光子を用いたものが報告されている。すなわち、特開平07-049468号公報には、吸収型の偏光子をファラデー回転子の表面に一体的に形成した磁気光学素子が開示されている。

しかし、第2図に示された従来例に係るシングルタイプ用光アイソレータの挿
15 入損失が0.2～0.3 dB、アイソレーションが35 dB程度であるのに較べて、特開平07-049468号公報に記載された上記磁気光学素子の挿入損失は0.5 dB、アイソレーションも30 dBであり、十分な性能を有する磁気光学素子は実現されていない。

本発明はこの様な問題に着目してなされたもので、その課題とするところは、
20 必要とする光学特性を具備しかつ製造に際してチップの飛散が起こり難い磁気光学素子とその製造方法を提供し、合わせてこの磁気光学素子が組み込まれたシングルタイプ用並びに広帯域用光アイソレータを提供することにある。

発明の開示

25 本発明に係る磁気光学素子は、ファラデー回転子とこのファラデー回転子の光透過面に一体的に設けられた偏光子とを備える磁気光学素子において、両面に反

射防止膜が形成されたファラデー回転子と、一方の反射防止膜上に形成されたフォトニック結晶から成る偏光子とで構成されることを特徴とする。

- また、本発明に係るセミダブル型光アイソレータ用磁気光学素子は、両面に反射防止膜が形成されたファラデー回転子と一方の反射防止膜上に形成されたフォトニック結晶から成る偏光子とで構成される上記一对の磁気光学素子が、そのフォトニック結晶から成る偏光子を外側にして1枚のガラス偏光子の表裏面にそれぞれ張り合わされて成ることを特徴とする。
- 5

- 次に、本発明に係る磁気光学素子の製造方法は、ファラデー回転子の一面側にその最外層が SiO_2 層である誘電体多層膜から成る対フォトニック結晶偏光子用の反射防止膜を形成する工程と、形成した反射防止膜の SiO_2 層に周期的な溝を形成する工程と、溝が形成された反射防止膜の SiO_2 層表面に、アモルファス SiO_2 層とアモルファス Si 層を交互にかつ上記溝の形状を各層に保存させながら積層してフォトニック結晶から成る偏光子を形成する工程と、少なくともファラデー回転子の上記偏光子が形成されていない面側に対空気用若しくは対
- 10
- 15 接着剤用の反射防止膜を形成する工程、の各工程を具備することを特徴とし、

- また、本発明に係る磁気光学素子の他の製造方法は、ファラデー回転子の一面側にその最外層が SiO_2 層である誘電体多層膜から成る対フォトニック結晶偏光子用の反射防止膜を形成する工程と、この反射防止膜の SiO_2 層上にフォトニック結晶形成用の第二 SiO_2 層を形成する工程と、形成された第二 SiO_2 層面上にフォトニック結晶形成用のレジストマスクを形成しかつマスクから露出する第二 SiO_2 層をエッチング処理してフォトニック結晶を構成する周期的な溝を形成する工程と、このフォトニック結晶から成る偏光子上に残留するレジストマスクを除去した後、少なくともファラデー回転子の上記偏光子が形成されていない面側に対空気用若しくは対接着剤用の反射防止膜を形成する工程、の各工
- 20
- 25 程を具備することを特徴とする。

次に、本発明に係る光アイソレータは、光アイソレータ設置用基板と、この基

板上に配置されたガラス偏光子と、このガラス偏光子に対しファラデー回転子側を対向させて上記基板上に配置された本発明の上記磁気光学素子と、ファラデー回転子に対し飽和磁界を与える磁石とを具備することを特徴とし、

- 5 また、本発明に係る広帯域用セミダブル型光アイソレータは、光アイソレータ設置用基板と、この基板上に配置された本発明の上記セミダブル型光アイソレータ用磁気光学素子と、セミダブル型光アイソレータ用磁気光学素子の各ファラデー回転子に対し飽和磁界を与える磁石とを具備することを特徴とする。

図面の簡単な説明

- 10 第1図は本発明に係る磁気光学素子が組込まれたシングルタイプ用光アイソレータの概略構成斜視図である。

第2図は従来例に係るシングルタイプ用光アイソレータの概略構成斜視図である。

- 15 第3図は本発明に係るセミダブル型光アイソレータ用磁気光学素子が組込まれた広帯域用セミダブル型光アイソレータの概略構成斜視図である。

第4図は従来例に係る広帯域用セミダブル型光アイソレータの概略構成斜視図である。

第5図（A）～（E）は本発明に係る磁気光学素子の製造工程を示す工程説明図である。

- 20 第6図（A）～（G）は本発明に係る磁気光学素子の他の製造工程を示す工程説明図である。

第7図（A）～（C）は本発明に係るセミダブル型光アイソレータ用磁気光学素子の製造工程を示す工程説明図である。

- 25 第8図は断面凹形状の磁石が適用された広帯域用セミダブル型光アイソレータの概略構成斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

次に、図面を参照して本発明を詳細に説明する。

まず、本発明は、本発明者等が見出した以下の技術的知見、すなわち、両面に反射防止膜が形成されたファラデー回転子の一方の反射防止膜面にフォトニック結晶を形成することによりファラデー回転子の表面に偏光子（偏光分離素子）を直接構成できること、この手法を採用することにより従来のガラス偏光子を原因とするサイズ制限のない小型のシングルタイプ用並びに広帯域用光アイソレータを量産できるとする技術的知見に基づき完成されている。

ここで、本発明で用いるフォトニック結晶は、周期的な溝あるいは線状突起列に透明で高屈折率の媒質と低屈折率の媒質とを界面の形状を保存しながら交互に積層させて得たものである。そして、この周期構造体に対し光を入射すると、溝列と平行な偏光のTEモードとそれに直交する偏光のTMモードの光が上記周期構造体の内部に誘起される。しかし、光の周波数が、TEモードまたはTMモードのフォトニックバンドギャップの中にあれば、そのモードは周期構造体の中で伝搬することができず入射光は反射または回折される。一方、光の周波数がフォトニックエネルギーバンド内にあれば、周期構造体の中を光は波動ベクトルを保存しながら透過する。従って、面型の偏光子として動作するものである。尚、フォトニックバンドギャップが生じなくとも、入射する光の波長よりも小さな周期構造では、構造複屈折と呼ばれる複屈折が生じ、これによっても偏光方向による屈折率の差より偏光子として機能する。従って、本発明で用いるフォトニック結晶には、リソグラフィにより周期的な溝を形成させて得たものも含まれる。

そして、両面に反射防止膜が形成されたファラデー回転子2とこのファラデー回転子2の一方の反射防止膜上に形成されたフォトニック結晶偏光子1とで構成される磁気光学素子10を第1図に示すように光アイソレータ設置用基板5上に配置し、かつ、上記磁気光学素子10のファラデー回転子2と対向するようにガラス偏光子3を配置すると共に、これ等磁気光学素子10とガラス偏光子3の両

側に一对の磁石 4、4 を配置することによりシングルタイプ用光アイソレータを構成することができる。

また、1 枚のガラス偏光子 3 の表裏面に第 1 図に示された一对の磁気光学素子 10 をそのフォトニック結晶偏光子 1 側が外側となるようにそれぞれ張り合わせてセミダブル型光アイソレータ用磁気光学素子 11 を構成し、かつ、このセミダブル型光アイソレータ用磁気光学素子 11 を第 3 図に示すように光アイソレータ設置用基板 5 上に配置すると共に、このセミダブル型光アイソレータ用磁気光学素子 11 の両側に一对の磁石 4、4 を配置することにより広帯域用光アイソレータを構成することができる。尚、このセミダブル型光アイソレータ用磁気光学素子 11 において、磁気光学素子 10 のフォトニック結晶偏光子 1 とガラス偏光子 3 については、第 7 図 (A) ~ (B) に示すように偏光が磁気光学素子 10 のフォトニック結晶偏光子 1 を通過後にファラデー回転子 2 で 45° 回転した後、ガラス偏光子 3 を透過するように透過する偏光面を 45° ずらして張り合わされ、またガラス偏光子 3 と他方の磁気光学素子 10 のフォトニック結晶偏光子 1 についても、第 7 図 (B) ~ (C) に示すように偏光がガラス偏光子 3 を通過後に磁気光学素子 10 のファラデー回転子 2 で 45° 回転した後、フォトニック結晶偏光子 1 を透過するように透過する偏光面を 45° ずらして張り合わされている。

また、光アイソレータ設置用基板 5 と一对の磁石 4、4 については、第 8 図に示すように断面凹形状の 1 つの磁石体 20 で構成してもよい。

以下、本発明の実施例により本発明を更に詳細に説明する。

[実施例 1]

まず、第 5 図 (A) に示すようにファラデー回転角が 45° に調整された 20×20 mm 角のファラデー回転子 2 を用意し、一方の光透過面に第 5 図 (B) に示すように最外層が SiO_2 層である誘電体多層膜からなる対フォトニック結晶偏光子用の反射防止膜 6 を形成した。ファラデー回転子 2 には、Bi 置換希土類鉄ガーネットを用いた。尚、反射防止膜 6 の最外層の SiO_2 層は周期構造体を

形成する際のシードとなる溝を形成することを考慮し、単なる反射防止膜として SiO_2 層を形成する場合より膜厚を厚く設定した。

その後、第5図(C)に示すように SiO_2 層に電子ビームリソグラフィとドライエッチングによりシードとなる溝（ここでは $0.4\ \mu\text{m}$ 周期の周期的な溝）

5 を形成した上で、その表面にアモルファス SiO_2 層とアモルファス Si 層を交互に積層した。このとき、各層の周期的な凹凸の形状（溝形状）を保存しながら成膜を行なった。そして、 SiO_2 層と Si 層を各10層ずつ堆積して第5図

(D)に示すようにフォトニック結晶偏光子1を形成した後、第5図(E)に示すようにフォトニック結晶偏光子1の表面に対空気の反射防止膜61を形成した。

10 最後に、ファラデー回転子2のフォトニック結晶偏光子1が積層されていない方の光透過面にも対空気の反射防止膜62を形成した。

尚、この実施例においては、上記アモルファス SiO_2 層とアモルファス Si 層が、フォトニック結晶偏光子の透明で高屈折率の媒質と低屈折率の媒質を構成している。

15 次に、作製されたウェハ（第5図Eに示す構造体）をダイシングマシンで $1\ \text{mm}$ 角のチップに切断した。その後、フォトニック結晶偏光子1の偏光面に対しその偏光面の相対角度が 45° となっているガラス偏光子3（第1図参照）と上記チップを光アイソレータ設置用基板5上に磁石4と共に配置し、第1図に示すような光アイソレータを作製し、かつ、光学測定を行った。また、光アイソレータ

20 は、ガラス偏光子3側から光を入射したときを順方向となるように構成した。尚、第1図においては上記ガラス偏光子3がファラデー回転子2と別体で構成されているが、ファラデー回転子2のフォトニック結晶偏光子1が形成された面とは反対側の面に接着剤を介し上記ガラス偏光子3を一体的に形成してもよい。この場合、ガラス偏光子3が接着されるファラデー回転子2の面には、対空気用の反射

25 防止膜ではない対接着剤用の反射防止膜が形成される。

以下、一対のガラス偏光子3が適用されている第2図に示す従来例に係る光ア

イソレータとの特性比較結果を第1表に示す。

- そして、第1表に記載された結果から確認されるように、従来法では不可能であった $20 \times 20 \text{ mm}$ 角のファラデー回転子から作製された実施例1に係る光アイソレータでも、従来のものと同程度の光学特性（但し、 $1.55 \mu\text{m}$ の波長域での値である）が得られることが分かる。

第1表

	実 施 例 1	従 来 品
挿 入 損 失	0.16 dB	0.15 dB
アイソレーション	> 40 dB	> 40 dB

10 【実施例2】

この実施例は、フォトリソグラフィにより偏光子として動作するフォトリソグラフィ結晶を適用した実施例1とは異なり、フォトリソグラフィ結晶は生じないが、構造複屈折により偏光子として動作するフォトリソグラフィ結晶を適用したものである。

- 15 まず、第6図（A）に示すようにファラデー回転角が 45° に調整された $20 \times 20 \text{ mm}$ 角のファラデー回転子2を用意し、一方の光透過面に第6図（B）に示すように最外層が SiO_2 層である誘電体多層膜からなる対フォトリソグラフィ結晶偏光子用の反射防止膜6を形成した。ファラデー回転子2には、Bi置換希土類鉄ガーネットを用いた。

- 20 その後、第6図（C）に示すように上記 SiO_2 層の表面にさらに $0.8 \mu\text{m}$ 厚の第二 SiO_2 層7を形成し、その上にレジスト層を形成した。

- 次に、このレジスト層に対しフォトリソグラフィ処理により第6図（D）に示すように周期的な溝（ここでは $0.15 \mu\text{m}$ 間隔の周期的な溝）のレジストマスク8を形成した。尚、レジストマスク8の形成には、上記フォトリソグラフィ法
25 ではなくインプリント法を適用してもよい。

次に、上記レジストマスク 8 が形成された第二 SiO₂ 層 7 の表面をエッチング処理し、第 6 図 (E) に示すように 0.6 μm 深さの溝を第二 SiO₂ 層 7 に形成した。尚、第 6 図 (E) に示すように周期的な溝が形成された第二 SiO₂ 層 7 によりフォトニック結晶偏光子 1 が構成されている。

- 5 次に、第 6 図 (F) に示すように上記レジストマスク 8 を除去した後、第 6 図 (G) に示すように周期的な溝が形成された第二 SiO₂ 層 7 表面に対空気の反射防止膜 6 1 を形成し、最後に、ファラデー回転子 2 のフォトニック結晶偏光子 1 が形成されていない方の光透過面にも対空気の反射防止膜 6 2 を形成した。

- 尚、この実施例 2 においては、残留する上記第二 SiO₂ 層 7 とこれ等第二 SiO₂ 層 7 間に存在する空気層が、フォトニック結晶偏光子 1 の透明で高屈折率の媒質と低屈折率の媒質を構成している。これにより構造複屈折が生じる。

- 次に、作製されたウェハ（第 6 図 G に示す構造体）をダイシングマシンで、1 mm 角のチップに切断した。その後、フォトニック結晶偏光子 1 の偏光面に対しその偏光面の相対角度が 45° となっているガラス偏光子 3（第 1 図参照）と上記チップを光アイソレータ設置用基板 5 上に磁石 4 と共に配置し、第 1 図に示すような光アイソレータを作製し、かつ、光学測定を行った。また、光アイソレータは、ガラス偏光子 3 側から光を入射したときを順方向となるように構成した。
- 15 尚、実施例 1 と同様に、ファラデー回転子 2 のフォトニック結晶偏光子 1 が形成された面とは反対側の面に接着剤を介し上記ガラス偏光子 3 を一体的に形成してもよい。この場合、ガラス偏光子 3 が接着されるファラデー回転子 2 の面には、
- 20 対空気用の反射防止膜ではない対接着剤用の反射防止膜が形成される。

以下、一対のガラス偏光子 3 が適用されている第 2 図に示す従来例に係る光アイソレータとの特性比較結果を第 2 表に示す。

- そして、第 2 表に記載された結果から確認されるように、従来法では不可能であった 20 × 20 mm 角のファラデー回転子から作製された実施例 2 に係る光アイソレータでも、従来のものと同程度の光学特性（但し、1.55 μm の波長域
- 25

での値である) が得られることが分かる。

第2表

	実 施 例 2	従 来 品
挿 入 損 失	0. 1 5 d B	0. 1 5 d B
アイソレーション	> 4 1 d B	> 4 0 d B

5

尚、実施例1と実施例2の両方においてフォトニック結晶偏光子1と対をなす偏光子として第1図に示すようにガラス偏光子3が適用されているが、フォトニック結晶偏光子1が形成されていないファラデー回転子2表面に吸収型偏光子を接着剤を介さずに直接形成する構成にしてもよい。また、光アイソレータを構成する場合は、上記吸収型偏光子側から光を入射したとき順方向となるように構成することが、光の吸収による素子の温度上昇を抑制できる観点から望ましい。

10

[実施例3]

従来のガラス偏光子を使用する場合に、サイズ上の制限のため使用不可能であった20×20mm角で厚さ0.4mmのファラデー回転子(Bi置換希土類鉄ガーネット)を用意し、このファラデー回転子の片面にSiO₂とAl₂O₃とを積層して厚さ0.2μmの3層構造のSiO₂用反射防止膜を施した。尚、ファラデー回転子の他面には、対接着剤用の同様の反射防止膜を施した。

15

次に、SiO₂用反射防止膜面に蒸着法により厚さ0.8μmの第二SiO₂層を形成し、この第二SiO₂層上にレジスト層を形成した後、リソグラフィ(インプリントも含む)により0.2μm間隔の周期的な溝のマスクを形成した。

20

次に、上記第二SiO₂層の露出部をエッチングして深さ0.6μmの溝を形成し、マスクを除去した。

次に、深さ0.6μmの溝が形成された第二SiO₂層表面に厚さ0.2μmの対空気用反射防止膜を施して、ファラデー回転子とフォトニック結晶偏光子と

25

で構成される磁気光学素子を得た。尚、この磁気光学素子の厚さは0.4 mmであった。引き続き同様にして同じ厚さの磁気光学素子を得た。

次に、得られた上記磁気光学素子1枚と、厚さ0.2 mmの吸収型ガラス偏光子とを接着剤によって張り合わせた。この際、ファラデー回転子に設けられたフォトニック結晶偏光子と吸収型ガラス偏光子は、フォトニック結晶偏光子を通過した偏光がファラデー回転子で45°回転した後、吸収型ガラス偏光子を透過する様に透過する偏光面を45°ずらして張り合わせた。

その後、上記吸収型ガラス偏光子のもう1面に、もう一つの磁気光学素子を接着剤で張り合わせた。この際、吸収型ガラス偏光子とファラデー回転子に設けられたフォトニック結晶偏光子は、吸収型ガラス偏光子を通過した偏光がファラデー回転子で45°回転した後、フォトニック結晶偏光子を透過する様に透過する偏光面を45°ずらして張り合わせた。

この様にして得られたウェハ（第7図Cに示された構造体）は、全厚で1.0 mmとなった。尚、これは従来の3枚のガラス偏光子と2枚のファラデー回転子とを用いて得られるウェハの厚み1.4 mmの71%に過ぎなかった。

次に、作成した上記ウェハをダイシングマシンで0.5 mm角のチップに切断し、その後、光アイソレータ設置用基板に上記チップと磁石とを配置し、第3図に示した広帯域用セミダブル型光アイソレータを729個得た。尚、従来問題であった0.5 mm角に起きる切断時のチップの飛びは、全厚が従来の71%になったため全く飛びを起こさずに切断できた。

そして、無作為に20個の広帯域用セミダブル型光アイソレータを取り、かつ、光学測定（但し、1.53～1.59 μm の波長域での値である）を行い、第4図に示した従来のセミダブル型光アイソレータとの比較を行った。

結果を第3表に示す。尚、第3表の値は平均値である。

第3表

	実 施 例 3	従 来 品
挿 入 損 失	0. 5 1 d B	0. 5 2 d B
アイソレーション	> 4 0 d B	> 4 0 d B

- 5 第3表に記載された結果から確認されるように、これまでガラス偏光子のサイズ制限のために不可能であったウェハから作成した広帯域用光アイソレータでも、従来のものと同程度の性能が得られることが分かる。

[実施例4]

- 10 第5図(A)に示すようにファラデー回転角が 45° に調整された 20×20 mm角のファラデー回転子2を用意し、一方の光透過面に第5図(B)に示すように最外層が SiO_2 層である誘電体多層膜からなる対フォトリック結晶偏光子用の反射防止膜6を形成した。ファラデー回転子2には、Bi置換希土類鉄ガーネットを用いた。尚、反射防止膜6の最外層の SiO_2 層は周期構造体を形成する際のシードとなる溝を形成することを考慮し単なる反射防止膜として SiO_2 層を形成する場合より膜厚を厚く設定した。

- その後、第5図(C)に示すように SiO_2 層に電子ビームリソグラフィとドライエッチングによりシードとなる溝(ここでは $0.4 \mu\text{m}$ 周期の周期的な溝)を形成した上で、その表面にアモルファス SiO_2 層とアモルファスSi層を交互に積層した。このとき、各層の周期的な凹凸の形状(溝形状)を保存しながら成膜を行なった。そして、 SiO_2 層とSi層を各10層ずつ堆積して第5図(D)に示すようにフォトリック結晶偏光子1を形成した後、第5図(E)に示すようにフォトリック結晶偏光子1の表面に対空気の反射防止膜61を形成した。最後に、ファラデー回転子2のフォトリック結晶偏光子1が積層されていない方の光透過面にも対接着剤用の反射防止膜62を形成し、ファラデー回転子2とフ
- 20
- 25

フォトニック結晶偏光子 1 とで構成される磁気光学素子を得た。また、引き続き同様に同じ磁気光学素子を得た。

次に、得られた上記磁気光学素子 1 枚と、厚さ 0.2 mm の吸収型ガラス偏光子とを接着剤によって張り合わせた。この際、ファラデー回転子 2 に設けられた
5 フォトニック結晶偏光子 1 と吸収型ガラス偏光子は、フォトニック結晶偏光子 1 を通過した偏光がファラデー回転子 2 で 45° 回転した後、吸収型ガラス偏光子を透過する様に透過する偏光面を 45° ずらして張り合わせた。

その後、上記吸収型ガラス偏光子のもう 1 面に、もう一つの磁気光学素子を接着剤で張り合わせた。この際、吸収型ガラス偏光子とファラデー回転子 2 に設け
10 られたフォトニック結晶偏光子 1 は、吸収型ガラス偏光子を通過した偏光がファラデー回転子 2 で 45° 回転した後、フォトニック結晶偏光子 1 を透過する様に透過する偏光面を 45° ずらして張り合わせた。

この様にして得られたウェハ（第 7 図 C に示された構造体）は、全厚で 1.0 mm となった。尚、これは従来の 3 枚のガラス偏光子と 2 枚のファラデー回転子
15 とを用いて得られるウェハの厚み 1.4 mm の 71% に過ぎなかった。

次に、作成した上記ウェハをダイシングマシンで、0.5 mm 角のチップに切断し、その後、光アイソレータ設置用基板に上記チップと磁石とを配置し、第 3 図に示した広帯域用セミダブル型光アイソレータを 729 個得た。尚、従来問題
20 であった 0.5 mm 角に起きる切断時のチップの飛びは、全厚が従来の 71% になったため全く飛びを起こさずに切断できた。

そして、無作為に 20 個の広帯域用セミダブル型光アイソレータを取り、かつ、光学測定（但し、 $1.53 \sim 1.59 \mu\text{m}$ の波長域での値である）を行い、第 4 図に示した従来のセミダブル型光アイソレータとの比較を行った。

結果を第 4 表に示す。尚、第 4 表の値は平均値である。

第4表

	実 施 例 4	従 来 品
挿 入 損 失	0. 5 2 d B	0. 5 2 d B
アイソレーション	> 4 0 d B	> 4 0 d B

- 5 第4表に記載された結果から確認されるように、これまでガラス偏光子のサイズ制限のために不可能であったウェハから作成した広帯域用光アイソレータでも、従来のものと同程度の性能が得られることが分かる。

産業の利用可能性

- 10 本発明によれば大面積の磁気光学素子が得られ、かつ、所望のサイズの素子を大量に作製することが容易である効果を有している。また、偏光子用の基板が存在しない分、ファラデー回転子とフォトニック結晶偏光子を一体化した磁気光学素子全体の厚みが薄くなるため、小さなチップに切断した際にチップの飛散が起こり難く、かつ、安価な光アイソレータを製造できる効果を有する。
- 15 従って、シングルタイプ用並びに広帯域用光アイソレータ、光サーキュレータ、光アッテネータ、光スイッチ等の産業分野への利用に適している。

請 求 の 範 囲

1. ファラデー回転子とこのファラデー回転子の光透過面に一体的に設けられた偏光子とを備える磁気光学素子において、
- 5 両面に反射防止膜が形成されたファラデー回転子と、一方の反射防止膜上に形成されたフォトニック結晶から成る偏光子とで構成されることを特徴とする磁気光学素子。
2. 1枚のガラス偏光子の表裏面に、請求の範囲第1項に記載の一对の磁気光学素子とそのフォトニック結晶から成る偏光子を外側にしてそれぞれ張り合わされて成ることを特徴とするセミダブル型光アイソレータ用磁気光学素子。
- 10 3. 上記フォトニック結晶が、周期的な溝あるいは線状突起列に、透明で高屈折率の媒質と低屈折率の媒質とを界面の形状を保存しながら交互に積層させて得たものであることを特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の磁気光学素子。
- 15 4. 上記フォトニック結晶が、リソグラフィにより周期的な溝を形成させて得たものであることを特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の磁気光学素子。
- 20 5. 上記フォトニック結晶から成る偏光子の表面に反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項～第4項のいずれかに記載の磁気光学素子。
- 25 6. 上記フォトニック結晶から成る偏光子が形成される反射防止膜の最外層が SiO_2 層であることを特徴とする請求の範囲第1項～第5項のいずれかに記載

の磁気光学素子。

7. 請求の範囲第6項に記載の磁気光学素子の製造方法において、

- 5 ファラデー回転子の一面側にその最外層が SiO_2 層である誘電体多層膜から
成る対フォトリック結晶偏光子用の反射防止膜を形成する工程と、
形成した反射防止膜の SiO_2 層に周期的な溝を形成する工程と、
溝が形成された反射防止膜の SiO_2 層表面に、アモルファス SiO_2 層とア
モルファス Si 層を交互にかつ上記溝の形状を各層に保存させながら積層してフ
ォトリック結晶から成る偏光子を形成する工程と、

- 10 少なくともファラデー回転子の上記偏光子が形成されていない面側に対空気用
若しくは対接着剤用の反射防止膜を形成する工程、
の各工程を具備することを特徴とする磁気光学素子の製造方法。

8. 請求の範囲第6項に記載の磁気光学素子の製造方法において、

- 15 ファラデー回転子の一面側にその最外層が SiO_2 層である誘電体多層膜から
成る対フォトリック結晶偏光子用の反射防止膜を形成する工程と、

この反射防止膜の SiO_2 層上にフォトリック結晶形成用の第二 SiO_2 層を
形成する工程と、

- 形成された第二 SiO_2 層面上にフォトリック結晶形成用のレジストマスクを
20 形成しかつマスクから露出する第二 SiO_2 層をエッチング処理してフォトリッ
ク結晶を構成する周期的な溝を形成する工程と、

このフォトリック結晶から成る偏光子上に残留するレジストマスクを除去した
後、少なくともファラデー回転子の上記偏光子が形成されていない面側に対空気
用若しくは対接着剤用の反射防止膜を形成する工程、

- 25 の各工程を具備することを特徴とする磁気光学素子の製造方法。

9. 光アイソレータ設置用基板と、この基板上に配置されたガラス偏光子と、このガラス偏光子に対しファラデー回転子側を対向させて上記基板上に配置された請求の範囲第1項に記載の磁気光学素子と、上記ファラデー回転子に対し飽和磁界を与える磁石とを具備することを特徴とする光アイソレータ。

5

10. 断面凹形状の磁石と、この磁石の凹部内に配置されたガラス偏光子と、このガラス偏光子に対しファラデー回転子側を対向させて上記凹部内に配置された請求の範囲第1項に記載の磁気光学素子とを具備することを特徴とする光アイソレータ。

10

11. 光アイソレータ設置用基板と、この基板上に配置された請求の範囲第2項に記載のセミダブル型光アイソレータ用磁気光学素子と、セミダブル型光アイソレータ用磁気光学素子の各ファラデー回転子に対し飽和磁界を与える磁石とを具備することを特徴とする広帯域用セミダブル型光アイソレータ。

15

12. 断面凹形状の磁石と、この磁石の凹部内に配置された請求の範囲第2項に記載のセミダブル型光アイソレータ用磁気光学素子とを具備することを特徴とする広帯域用セミダブル型光アイソレータ。

補正書の請求の範囲

[2004年3月2日 (02. 03. 04) 国際事務局受理：出願当初の請求の範囲
7,8は取り下げられた；出願当初の請求の範囲1,2,3,4,5,6,9,10,11,12は
補正された。(3頁)]

1. (補正後) 両面に反射防止膜が形成されたファラデー回転子とその一方の反
射防止膜上に形成されたフォトニック結晶から成る偏光子とで構成される磁気光
5 学素子と、上記磁気光学素子におけるファラデー回転子のフォトニック結晶が形
成されていない側の反射防止膜に対向して配置されたガラス偏光子とを具備する
ことを特徴とするシングル型光アイソレータ。
2. (補正後) 1枚のガラス偏光子と、両面に反射防止膜が形成されたファラデー
10 回転子とその一方の反射防止膜上に形成されたフォトニック結晶から成る偏光
子とで構成されかつフォトニック結晶から成る偏光子を外側にして上記ガラス偏
光子の表裏面にそれぞれ張り合わされた一对の磁気光学素子とを具備することを
特徴とする広帯域用セミダブル型光アイソレータ。
- 15 3. (補正後) 上記フォトニック結晶が、周期的な溝あるいは線状突起列に、透
明で高屈折率の媒質と低屈折率の媒質とを界面の形状を保存しながら交互に積層
させて得たものであることを特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の
光アイソレータ。
- 20 4. (補正後) 上記フォトニック結晶が、リソグラフィにより周期的な溝を形成
させて得たものであることを特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の
光アイソレータ。
5. (補正後) 上記フォトニック結晶から成る偏光子の表面に反射防止膜が形成
25 されていることを特徴とする請求の範囲第1項～第4項のいずれかに記載の光ア
イソレータ。

6. (補正後) 上記フォトニック結晶から成る偏光子が形成される反射防止膜の最外層が SiO_2 層であることを特徴とする請求の範囲第 1 項～第 5 項のいずれかに記載の光アイソレータ。

5 7. (削除)

8. (削除)

9. (補正後) 光アイソレータ設置用基板と、この基板上に配置されかつ両面に
10 反射防止膜が形成されたファラデー回転子とその一方の反射防止膜上に形成され
たフォトニック結晶から成る偏光子とで構成される磁気光学素子と、この磁気光
学素子におけるファラデー回転子のフォトニック結晶が形成されていない側の反
射防止膜に対向させて上記基板上に配置されたガラス偏光子と、上記磁気光学素
子におけるファラデー回転子に対し飽和磁界を与える磁石とでその主要部が構成
15 されることを特徴とするシングル型光アイソレータ。

10. (補正後) 断面凹形状の磁石と、この磁石の凹部内に配置されかつ両面に
反射防止膜が形成されたファラデー回転子とその一方の反射防止膜上に形成され
たフォトニック結晶から成る偏光子とで構成される磁気光学素子と、この磁気光
20 学素子におけるファラデー回転子のフォトニック結晶が形成されていない側の反
射防止膜に対向させて上記磁石の凹部内に配置されたガラス偏光子とでその主要
部が構成されることを特徴とするシングル型光アイソレータ。

11. (補正後) 光アイソレータ設置用基板と、この基板上に配置された 1 枚の
25 ガラス偏光子と、両面に反射防止膜が形成されたファラデー回転子とその一方の
反射防止膜上に形成されたフォトニック結晶から成る偏光子とで構成されかつフ

フォトニック結晶から成る偏光子を外側にして上記ガラス偏光子の表裏面にそれぞれ張り合わされた一対の磁気光学素子と、各磁気光学素子のファラデー回転子に対し飽和磁界を与える磁石とでその主要部が構成されることを特徴とする広帯域用セミダブル型光アイソレータ。

5

1 2. (補正後) 断面凹形状の磁石と、この磁石の凹部内に配置された1枚のガラス偏光子と、両面に反射防止膜が形成されたファラデー回転子とその一方の反射防止膜上に形成されたフォトニック結晶から成る偏光子とで構成されかつフォトニック結晶から成る偏光子を外側にして上記ガラス偏光子の表裏面にそれぞれ

10 張り合わされて上記磁石の凹部内に配置された一対の磁気光学素子とでその主要部が構成されることを特徴とする広帯域用セミダブル型光アイソレータ。

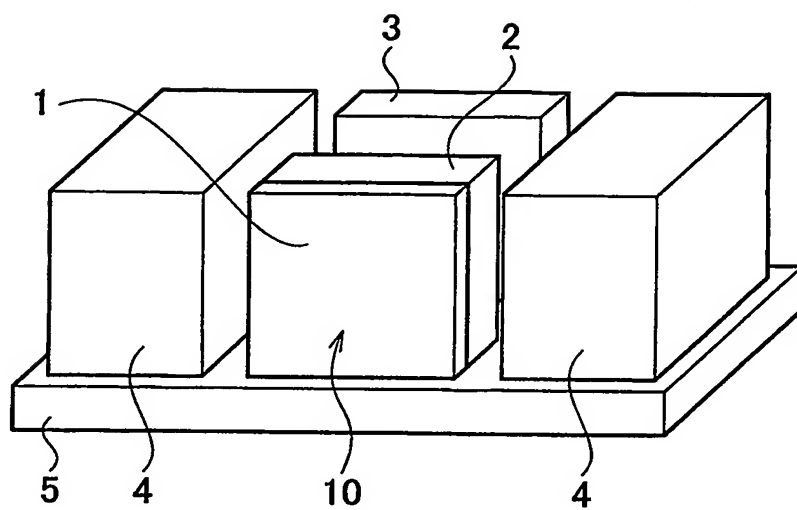
条約第 19 条 (1) に基づく説明書

請求の範囲第 1 項および第 2 項は、補正前の第 1 項および第 2 項に係る磁気光学素子に対しガラス偏光子を組み合わせるシングル型光アイソレータおよび広域用セミダブル型光アイソレータをそれぞれ構成することを明確にした。

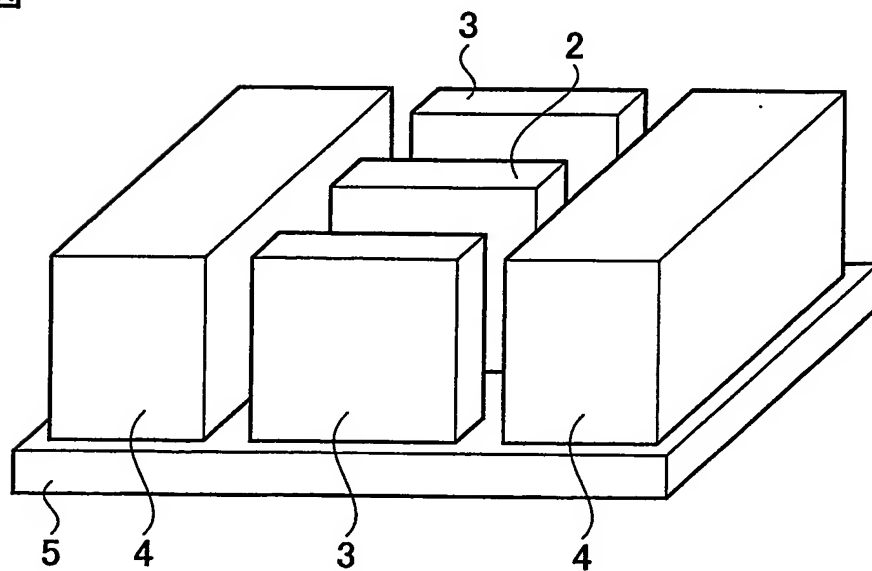
各引用例には、両面に反射防止膜が形成されたファラデー回転子とその一方の反射防止膜上に形成されたフォトリソ結晶から成る偏光子とで構成される上記磁気光学素子と、上記ガラス偏光子とを組み合わせるシングル型光アイソレータおよび広域用セミダブル型光アイソレータについて記載は皆無である。

そして、本発明に係るシングル型光アイソレータおよび広域用セミダブル型光アイソレータは磁気光学素子とガラス偏光子とを組み合わせる構成され、ガラス偏光子が吸収型偏光子であるため、このガラス偏光子を半導体レーザ素子側に配置しあるいはその反対側である例えば光ファイバ側に配置しても不要光を吸収・遮断することから、反射戻り光に起因したレーザ発振が不安定になる弊害を確実に防止できる効果を有している。

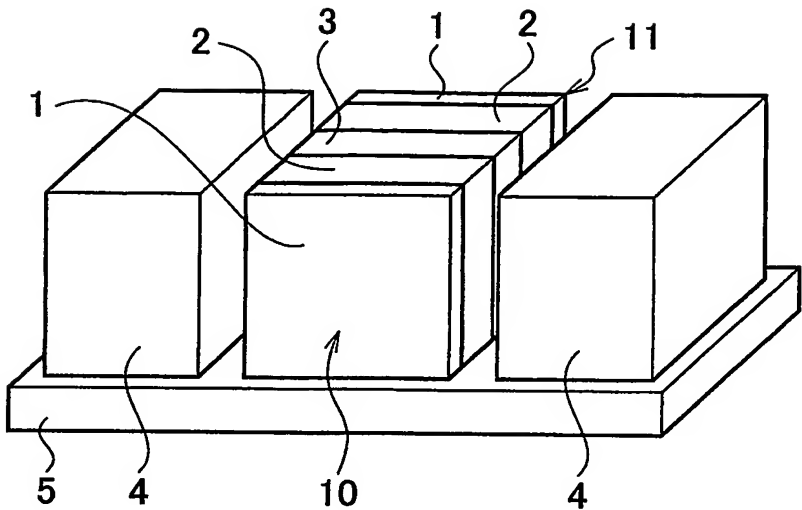
第 1 図



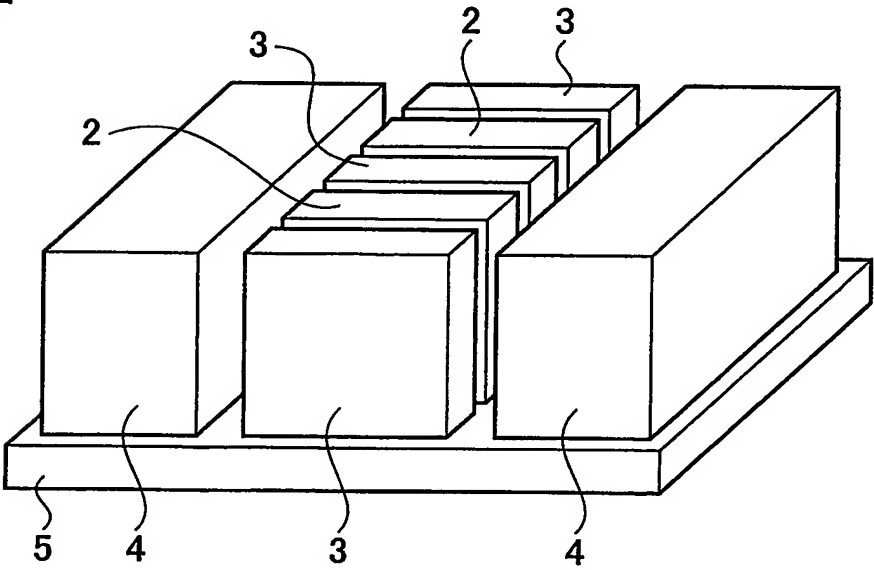
第 2 図



第 3 図



第 4 図



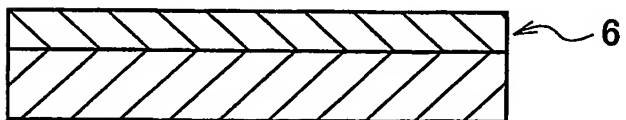
3/6

第 5 図

(A)



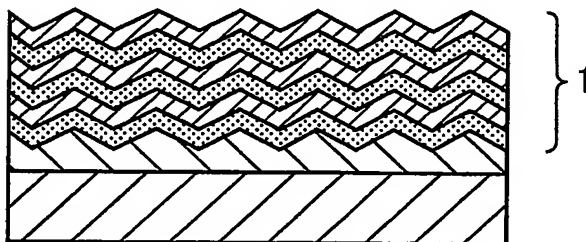
(B)



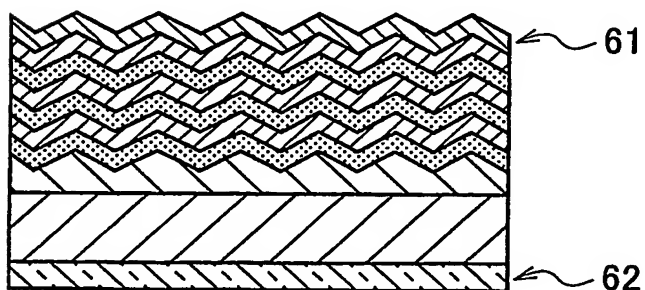
(C)



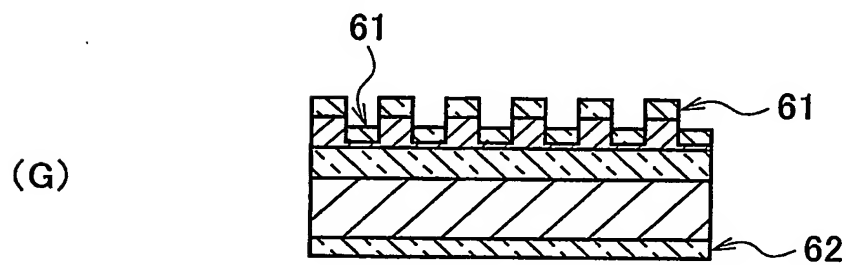
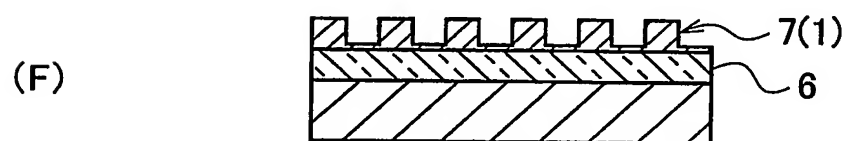
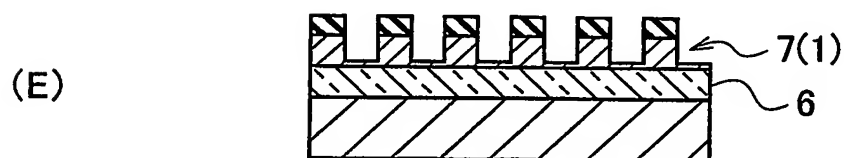
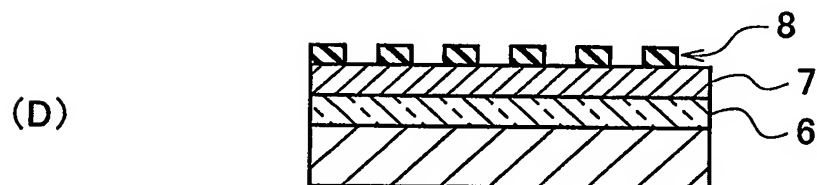
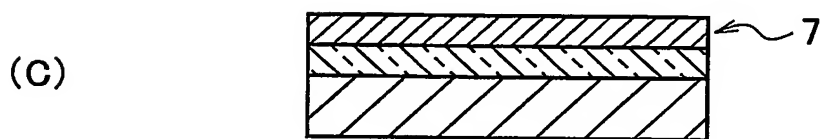
(D)



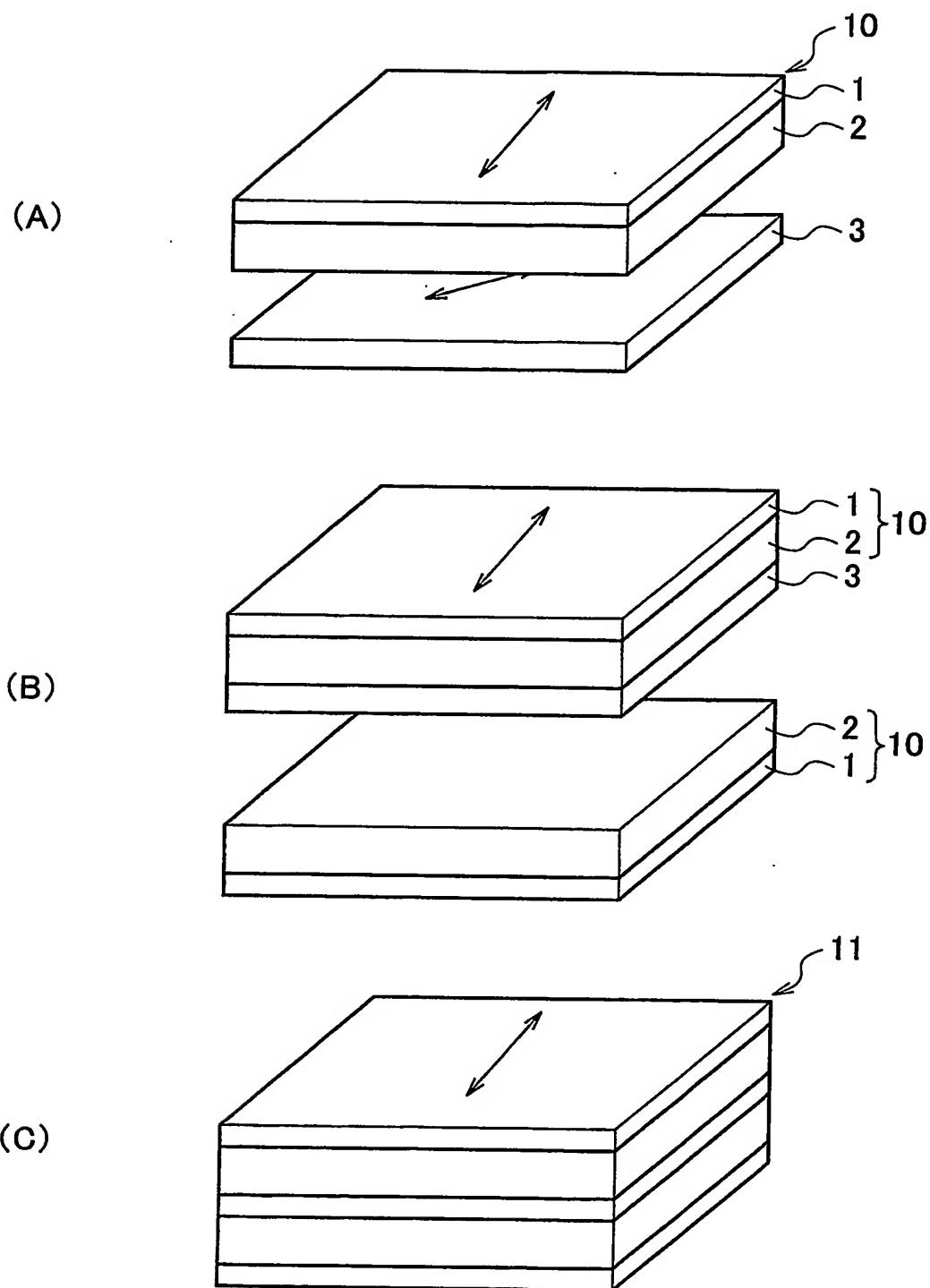
(E)



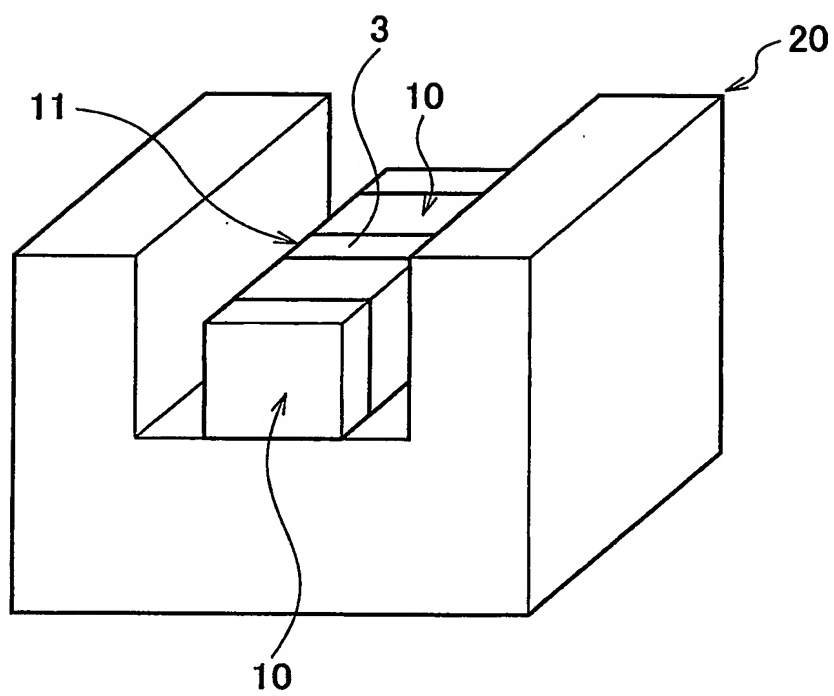
第 6 図



第 7 図



第 8 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/14312

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G02F1/09, G02B27/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G02F1/09, G02B27/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2002-303732 A (Yugen Kaisha Auto Cloning Technology), 18 October, 2002 (18.10.02), Full text; Figs. 1 to 9 (Family: none)	1, 3-10 2, 11, 12
Y	EP 785456 A (Hewlett-Packard Co.), 23 July, 1997 (23.07.97), Column 7, lines 9 to 19; Fig. 4 & JP 9-197345 A & US 5808793 A	2, 11, 12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 December, 2003 (25.12.03)

Date of mailing of the international search report
20 January, 2004 (20.01.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02F1/09, G02B27/28

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02F1/09, G02B27/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2002-303732 A (有限会社オートクロニング ・テクノロジー) 2002. 10. 18 全文, 第1-9図 (ファミリーなし)	1, 3-10 2, 11, 1 2
Y	EP 785456 A (Hewlett-Packard Company) 1997. 07. 23 第7欄9-19行目, 第4図 & JP 9-197345 A & US 5808793 A	2, 11, 1 2

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25. 12. 03

国際調査報告の発送日

20. 1. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

瀬川 勝久

2X

9120

電話番号 03-3581-1101 内線 3293